

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-287255

(43) 公開日 平成8年(1996)11月1日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 7/00			G 0 6 F 15/62	4 6 0
G 0 6 F 17/14			15/332	A
G 0 6 T 1/00			15/64	G
			15/66	M

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平7-86754

(22) 出願日 平成7年(1995)4月12日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 亀井 俊男

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

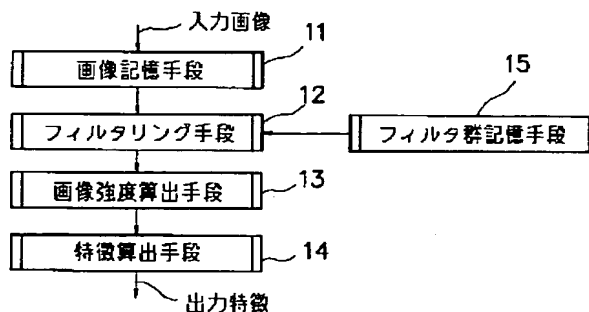
(74) 代理人 弁理士 丸山 隆夫

(54) 【発明の名称】 皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置および画像処理装置

(57) 【要約】

【目的】 皮膚紋様画像から皮膚隆線の方法やピッチ等の画像特徴を精度よく抽出する皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置、及びノイズを除去し隆線を強調する画像処理を行う皮膚紋様画像の画像処理装置を得る。

【構成】 フィルタ群記憶手段15が重み係数の二次元配列から成る複数のフィルタを記憶している。このフィルタに基づいてフィルタリング手段12が画像記憶手段11に記憶されている皮膚紋様画像に対してフィルタリングを行う。フィルタリング後の各画像に対して、予め画像上に設定した複数の局所領域における画像強度を画像強度算出手段13が算出し、得られた局所領域の画像強度の情報を用いて、各局所領域における画像特徴を特徴算出手段14が算出する。フィルタに対応した画像の信号成分が相対的に強調され、それ以外の成分は相対的に減衰される。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 予め画像上に設定した複数の局所領域における画像特徴を抽出する皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置において、

前記皮膚紋様画像を記憶する画像記憶手段と、  
前記局所領域における画像特徴を抽出するための重み係数の二次元配列から成るフィルタを複数記憶するフィルタ群記憶手段と、

前記画像記憶手段に記憶される皮膚紋様画像に対して、  
前記フィルタ群記憶手段に記憶される複数のフィルタをそれぞれ用いてフィルタリングを行うフィルタリング手段と、

前記フィルタリング手段によって得られる各画像に対して、  
予め画像上に設定した前記複数の局所領域における画像強度を算出する画像強度算出手段と、

該画像強度算出手段によって得られる前記局所領域の画像強度の情報をを用いて、各局所領域における画像特徴を算出する特徴算出手段とを具備することを特徴とする皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置において、前記フィルタ群記憶手段に記憶される各フィルタを用いて、前記画像記憶手段に記憶される皮膚紋様画像を二次元フーリエ変換を利用して前記フィルタリング手段がフィルタリングを行うことを特徴とする皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載の皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置において、該装置はさらに、  
前記画像強度算出手段によって得られる各局所領域の画像強度と、近接する局所領域間における画像特徴の距離とを用いて規定される評価関数を最小化するための、各局所領域における画像特徴を算出する特徴算出手段を具備することを特徴とする皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置。

【請求項 4】 予め画像上に設定した複数の局所領域における画像特徴を抽出する皮膚紋様画像の画像処理装置において、

前記皮膚紋様画像を記憶する画像記憶手段と、  
前記局所領域における画像特徴を抽出するための重み係数の二次元配列から成るフィルタを複数記憶するフィルタ群記憶手段と、

前記画像記憶手段に記憶される皮膚紋様画像に対して、  
前記フィルタ群記憶手段に記憶される複数のフィルタをそれぞれ用いてフィルタリングを行うフィルタリング手段と、

前記フィルタリング手段によって得られる各画像に対して、  
予め画像上に設定した前記複数の局所領域における画像強度を算出する画像強度算出手段と、

前記画像強度算出手段によって得られる各局所領域の画像強度の情報をを用いて、各局所領域における画像特徴を算出する特徴算出手段と、

前記フィルタリング手段によって得られる各画像から、  
各局所領域毎に前記特徴算出手段の画像特徴に応じた画像の画素値を算出する画素値算出手段とを具備することを特徴とする皮膚紋様画像の画像処理装置。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の皮膚紋様画像の画像処理装置において、前記フィルタ群記憶手段に記憶される各フィルタを用いて、前記画像記憶手段に記憶される皮膚紋様画像を二次元フーリエ変換を利用して前記フィルタリング手段がフィルタリングを行うことを特徴とする皮膚紋様画像の画像処理装置。

【請求項 6】 請求項 4 または請求項 5 に記載の皮膚紋様画像の画像処理装置において、該装置はさらに、前記画像強度算出手段によって得られる各局所領域の画像強度と、近接する局所領域間における画像特徴の距離とを用いて規定される評価関数を最小化するための、各局所領域における画像特徴を算出する特徴算出手段を具備することを特徴とする皮膚紋様画像の画像処理装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【産業上の利用分野】 本発明は、皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置および画像処理装置に関する。更に詳述すると、本発明は、指紋照合装置や指紋分類装置、掌紋照合装置等の処理過程において抽出される、隆線方向や隆線ピッチ等の画像特徴を抽出する皮膚紋様の画像特徴抽出装置、および皮膚紋様画像のノイズを除去し皮膚隆線を強調する画像処理を行う画像処理装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】 従来の皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置および画像処理装置の構成例として、特開昭 51-77138 号に開示されている縞パターン抽出装置がある。本例は、指紋や樹木の年輪等の縞状のパターンからノイズを除去し、縞状のパターンと方向パターンとを同時に抽出することが可能な装置である。この縞パターン抽出装置では、ある点を中心とした画像の局所領域と方向毎の荷重値を設定したマスクとの積和演算を行い、積和演算結果の最大の絶対値を与える方向をその縞状パターンの領域における方向とし、この方向に対応する積和演算結果をその点における縞状パターンの出力とするものである。

【0003】 上記従来例の動作原理を、図 14 に基づいて説明する。画像のある点 101 を中心とした局所領域 100 における隆線方向を決定する場合、予め図 14 に 102 から 106 に示すようなマスクを設定し、このマスク d0 ~ d4 とその局所領域との積和演算を行う。この演算の結果、マスク d0 ~ d4 毎にそれぞれの値、+5, 0, +11, +3, -7 が得られる。得られた積和演算の絶対値が最大である“11”を与える方向がマスク d2 であるので、この方向 107 を隆線方向とする。また、点 101 における縞状パターンの値を出力する場合には、その点における積和演算の結果である +11 を

出力する。

【0004】抽出された画像特徴のノイズの影響を軽減するために、時として画像特徴の平滑化を行うことが必要となる。このための従来技術例として、特願平 4-18589号に開示されている「隆線方向パターン平滑化方法およびその装置」がある。この方法は、エネルギー最小化原理の考え方に基づく手法である。本従来例の手法によれば、ある隆線方向パターンがあった時に、その隆線方向パターンの個々の隆線方向に働く力として、隆線方向間のばらつき具合を抑制する拘束力と、初めに観測された隆線方向へ留めようとする拘束力とを考慮して、それらによるエネルギー関数と呼ばれる評価関数を規定し、その評価関数を最小化する隆線方向パターンを求めるべき隆線方向パターンとする。この方法では、設定される評価関数を最小化する隆線方向パターンを求めることによって隆線の平滑化を行う。この画像の各局所領域における隆線方向からなる隆線方向パターンを平滑化するために、まず、画像の各局所領域における隆線方向とその信頼度を抽出し、その隆線方向パターンと抽出された隆線方向パターンとのずれ、および隆線方向パターン内の近接した隆線方向同士のずれを用いる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、画像の縞紋様の方向と直交する方向の濃淡値変動は周期的になっている。縞紋様と直交する方向から見た時の縞紋様の濃淡値変動の位相と、マスクパターンの位相が直交状態に近い場合、従来技術を用いると、積和演算の結果が0に近い値を示してしまう。このために、方向抽出がノイズの影響を受け易く不安定となる。従ってそれに伴う縞状パターンの出力も不安定となり、さらに、隆線ピッチ等の抽出を行うことが困難である。

【0006】また、従来技術では、画像特徴の平滑化において隆線方向の抽出を行った後、隆線方向の平滑化を行う。このために、隆線方向抽出における情報が十分に隆線方向の平滑化に渡されず、精度良く隆線方向の平滑化を行うことが困難である。さらに、隆線ピッチの平滑化等を行うことができない問題点を伴う。

【0007】本発明は、皮膚紋様画像から皮膚隆線の方  
向やピッチ等の画像特徴を精度よく抽出する皮膚紋様  
画像の画像特徴抽出装置、及びノイズを除去し隆線を強調  
する画像処理を行う皮膚紋様画像の画像処理装置を提供  
することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】かかる目的を達成するため、本発明の皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置は、予め画像上に設定した複数の局所領域における画像特徴を抽出する皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置であり、皮膚紋様画像を記憶する画像記憶手段と、局所領域における画像特徴を抽出するための重み係数の二次元配列から成るフィルタを複数記憶するフィルタ群記憶手段と、画像記

憶手段に記憶される皮膚紋様画像に対して、フィルタ群記憶手段に記憶される複数のフィルタをそれぞれ用いてフィルタリングを行うフィルタリング手段と、フィルタリング手段によって得られる各画像に対して、予め画像上に設定した複数の局所領域における画像強度を算出する画像強度算出手段と、この画像強度算出手段によって得られる局所領域の画像強度の情報をを用いて、各局所領域における画像特徴を算出する特徴算出手段とを具備することを特徴としている。

【0009】また、上記に記載の皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置は、フィルタ群記憶手段に記憶される各フィルタを用いて、画像記憶手段に記憶される皮膚紋様画像を二次元フーリエ変換を利用してフィルタリング手段がフィルタリングを行うとよい。さらに、画像強度算出手段によって得られる各局所領域の画像強度と、近接する局所領域間における画像特徴の距離とを用いて規定される評価関数を最小化するための、各局所領域における画像特徴を算出する特徴算出手段を具備するとよい。

【0010】本発明の皮膚紋様画像の画像処理装置は、予め画像上に設定した複数の局所領域における画像特徴を抽出する皮膚紋様画像の画像処理装置であり、皮膚紋様画像を記憶する画像記憶手段と、局所領域における画像特徴を抽出するための重み係数の二次元配列から成るフィルタを複数記憶するフィルタ群記憶手段と、画像記憶手段に記憶される皮膚紋様画像に対して、フィルタ群記憶手段に記憶される複数のフィルタをそれぞれ用いてフィルタリングを行うフィルタリング手段と、フィルタリング手段によって得られる各画像に対して、予め画像上に設定した複数の局所領域における画像強度を算出する画像強度算出手段と、画像強度算出手段によって得られる各局所領域の画像強度の情報をを用いて、各局所領域における画像特徴を算出する特徴算出手段と、フィルタリング手段によって得られる各画像から、各局所領域毎に特徴算出手段の画像特徴に応じた画像の画素値を算出する画素値算出手段とを具備することを特徴とする。

【0011】また、上に記載の皮膚紋様画像の画像処理装置は、フィルタ群記憶手段に記憶される各フィルタを用いて、画像記憶手段に記憶される皮膚紋様画像を二次元フーリエ変換を利用してフィルタリング手段がフィルタリングを行うとよい。さらに画像強度算出手段によって得られる各局所領域の画像強度と、近接する局所領域間における画像特徴の距離とを用いて規定される評価関数を最小化するための、各局所領域における画像特徴を算出する特徴算出手段を具備するとよい。

【0012】

【作用】したがって、本発明の皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置によれば、皮膚紋様画像を記憶し、局所領域における画像特徴を抽出するための重み係数の二次元配列から成るフィルタを複数記憶し、記憶される皮膚紋様画像に対して複数のフィルタをそれぞれ用いてフィルタリ

ングを行い、得られる各画像に対して予め画像上に設定した複数の局所領域における画像強度を算出する。

【0013】本発明の皮膚紋様画像の画像処理装置によれば、皮膚紋様画像を記憶し、局所領域における画像特徴を抽出するための重み係数の二次元配列から成るフィルタを複数記憶し、記憶される皮膚紋様画像に対して複数のフィルタをそれぞれ用いてフィルタリングを行い、得られる各画像に対して予め画像上に設定した複数の局所領域における画像強度を算出する。この算出により得られる各局所領域の画像強度の情報をを用いて各局所領域における画像特徴を算出し、各画像から各局所領域毎の画像特徴に応じた画像の画素値を算出する。

【0014】本発明の皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置および画像処理装置の作用について説明する。皮膚紋様画像に対して、皮膚紋様のある画像特徴を抽出するための複数のフィルタがあるとすると、これらの中で、あるフィルタを用いてフィルタリングされた画像は、そのフィルタに対応した画像の信号成分が相対的に強調され、それ以外の成分は相対的に減衰する。従って、フィルタリングされた画像の局所領域における画像強度をフィルタ毎に比較すると、その局所領域の画像がそのフィルタに適合している場合には、その局所領域における画像強度

が大きくなり、適合しない場合には画像強度が小さくなる。

【0015】ここで、画像強度とは、局所領域における画像の画素値の平方和である。つまり、フィルタリングのためのフィルタの中でその局所領域における画像強度を最も大きくするフィルタは、その局所領域における画像特徴と最も適合しているフィルタと考えることができる。このフィルタを特徴付けるパラメータ等をこの局所領域における特徴として出力すれば、画像特徴を抽出することができる。また、その抽出される特徴に対応するフィルタリング画像の画素値を算出すれば、同時にその特徴を強調した画像を得ることができる。さらに、画像のフィルタリングは、実空間における畳み込み演算やフーリエ変換を利用して実施することができる。

【0016】実空間における畳み込み演算は、画像を  $g(x, y)$ 、但し  $x=0, 1, \dots, m-1; y=0, 1, \dots, n-1$ 、と表しフィルタリングのフィルタを  $h(x, y)$ 、但し  $x=0, 1, \dots, m_h-1; y=0, 1, \dots, n_h-1$ 、その結果を  $z(x, y)$  と表した時、次の式1によって計算される。

【0017】

【数1】

$$z(x, y) = \sum_{i=0}^{m_h-1} \sum_{j=0}^{n_h-1} g(x-i, y-j) h(i, j) \quad (1)$$

【0018】この畳み込み演算は、文献(A. Rosenfeld 著、長尾真監訳、「デジタル画像処理」、近代科学社、1978, p. 19)にも示されているように、空間領域における画像  $g(x, y)$  とフィルタ  $h(x, y)$  の畳み込

み演算は、フーリエ変換面における各成分同士の乗算という単純な操作と同等である。つまり、次の式2で表される関係が成り立つ。

【0019】

$$F\{g(x, y) * h(x, y)\} = F\{g(x, y)\} F\{h(x, y)\} \\ = G(u, v) H(u, v) \quad \dots (2)$$

$(x, y)$  の二次元のフーリエ変換関数  $F\{g(x, y)\}$  は、次の式3によって表される。

【0021】

【数2】

$$F\{g(x, y)\} = G(u, v) = \frac{1}{mn} \sum_{x=0}^{m-1} \sum_{y=0}^{n-1} g(x, y) \exp[-j2\pi(\frac{xu}{m} + \frac{yv}{n})] \quad (3)$$

【0022】但し  $u=0, 1, \dots, m-1; v=0, 1, \dots, n-1$  である。また、この逆フーリエ変換関数  $F^{-1}\{G(u, v)\}$  は、次の式4によって表される。

【0023】

【数3】

$$F^{-1}\{G(u, v)\} = g(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{u=0}^{m-1} \sum_{v=0}^{n-1} G(u, v) \exp[j2\pi(\frac{xu}{m} + \frac{yv}{n})] \quad (4)$$

【0024】上記のフーリエ変換を用いた場合に画像の直流成分  $G(0, 0)$  は、フーリエ変換面における中心へ移動させるため、 $g(x, y)$  の代わりに  $g(x, y) (-1)^{x+y}$  に対して変換を行なえばよいことが既に示されている。以下では、光学的に実現されるフーリエ変換との

対応から、直流成分をフーリエ変換面の中心になるように変換するフーリエ変換を光学的フーリエ変換と呼ぶ。

【0025】畳み込み演算を用いる場合、フィルタリング対象の画像のサイズが一定であっても、フィルタの大きさを大きくした場合に、そのフィルタサイズに比例し

て演算が増加してしまう。このため、通常比較的小さいフィルタを用いるが、フィルタを小さくした場合には、そのフィルタによって表現できる周波数の透過特性が制限されてしまい、通常は予め設計した理想的なフィルタを小さいフィルタで表現できるように近似表現する。一方、フーリエ変換を用いた場合には、フーリエ変換面においてフィルタの設計をすればよく、大幅な近似を要求されない。また、画像の一辺の大きさが2のべき乗の場合等はフーリエ変換として高速フーリエ変換を用いることで、大幅に高速化を図ることが可能である。フィルタサイズが大きい場合には、畳み込み演算を用いて演算を行うよりフーリエ変換を利用した方が高速である等の利点が多い。

【0026】さらに、特徴算出手段において、各局所領域の画像強度と近接する局所領域間における画像特徴との差を用いて、出力される画像特徴が明らかになる時にその関数値が小さくなる評価関数を設定する。この評価関数を最小化するような画像特徴群を算出することで、画像特徴の抽出と平滑化を同時に実行することができる。本発明は、基本的にはエネルギー最小化原理に基づくものである。従来技術の特願平4-18589号に開示されている方法では、最初に抽出された方向とその信頼度が画像側から与えられる情報としてその後の平滑化を行うが、本発明では、画像の各特徴毎に画像強度の情報を持っているので、画像の平滑化をより正確に行うことができる。

【0027】

【実施例】次に添付図面を参照して本発明による皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置および画像処理装置の実施例を詳細に説明する。図1を参照すると本発明の皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置および画像処理装置の実施例が示されている。

【0028】（実施例1）図1は本発明の皮膚紋様の画像特徴抽出装置の実施例1を示すブロック図である。実施例1の画像特徴抽出装置は、図1に示すように指紋画像等の皮膚紋様画像を記憶する画像記憶手段11と、フィルタリングのための複数のフィルタを記憶するフィルタ群記憶手段15と、画像記憶手段11に記憶される皮膚紋様画像をフィルタ群記憶手段15に記憶されるフィルタを用いて畳み込み演算によりフィルタリングするフィルタリング手段12と、フィルタリング手段12によって得られるフィルタ毎の複数の画像の局所領域における画像の強度を算出する画像強度算出手段13と、画像強度算出手段13によって得られる結果を用いて皮膚紋様画像の特徴を算出する特徴算出手段14とから構成される。

【0029】画像記憶手段11は、スキャナやテレビカメラ等の画像入力装置を用いて撮像された指紋や掌紋等の皮膚紋様のデジタル画像を、ハードディスクやDRAM等を用いて記憶する装置である。以下では、記憶さ

れる皮膚紋様の画像データが20ドット/mmの解像度で撮像された画像サイズ512×512画素のデータを例に説明する。また、この画像を画像 $g(x, y)$ 、但し $x=1, \dots, 512$ ;  $y=1, \dots, 512$ 、と表記する。

【0030】フィルタ群記憶手段15では、フィルタリング手段12に供給するためのフィルタリングのための複数のフィルタを、DRAM等を用いて記憶する。フィルタリング手段12に用いられるフィルタがどのような特性を持つかによって最終的に出力される画像特徴の種類を規定することができる。

【0031】ここでは、隆線のピッチ特徴を抽出する場合について説明する。光学的フーリエ変換でのフーリエ変換面におけるフィルタの周波数特性 $H(u, v)$ が、次の式5によって与えられる理想帯域通過フィルタを考える。

【0032】

$$H(u, v) = a \quad R_1 \leq (u^2 + v^2)^{1/2} \leq R_2 \\ = 0 \quad \text{それ以外} \quad \dots (5)$$

【0033】このフィルタを図示すると図2のようになる。ここで、 $a$ はフィルタの出力値を正規化するための適当な定数で、 $R_1$ 、 $R_2$ は通過周波数特性を決める定数である。いくつかの理想帯域通過フィルタを用意した時、フィルタ毎の正規化をするために、正規化係数の $a$ を定める。例えば、フーリエ変換面におけるフィルタの積分値が一定となる、次の式6のように設定する。

【0034】 $a = 1 / (R_2^2 - R_1^2) \quad \dots (6)$

【0035】20ドット/mmの解像度で撮像した画像の場合、皮膚紋様の隆線のピッチはおよそ5ドット～20ドットの範囲に収まる。これより、フーリエ変換面で目的とする紋様成分の周波数帯は、およそ25サイクルから100サイクルの範囲の信号となる。例えば、この周波数帯を5段階に分割する図3に示す $R_1$ 、 $R_2$ のパラメータを持つ5個の理想帯域通過フィルタ $h_1 \sim h_5$ を得ることができる。さらに、この5つのフィルタ $h_1 \sim h_5$ を逆フーリエ変換し、逆変換して得られるフーリエ成分の実成分を空間領域におけるフィルタとして得ることができる。さらに、演算量を少なくするためにフィルタの周辺部分を削除することでフィルタを小さくし、フーリエ変換面上で設計したフィルタを近似する。このようにして作成した空間領域におけるフィルタの例（フィルタサイズは64×64 pixel）を図4に示す。フィルタ群記憶手段は、作成された5個のフィルタを記憶する。

【0036】次に、フィルタリング手段12ではフィルタ群記憶手段15に記憶されたフィルタ群のそれぞれを用いて、画像記憶手段11に記憶された画像のフィルタリングを行う。フィルタ群記憶手段15に記憶されるフィルタは、畳み込み演算を前提にして作成された空間領域におけるフィルタである。よって、ここでのフィルタ

リングは、皮膚紋様画像と各フィルタの畳み込み演算を行う。この結果、フィルタ  $h_i(x, y)$ 、但し  $i = 1, \dots, 5$ 、に対応する畳み込み演算の結果を複数得ることができる。以下では、5個のフィルタ  $h_i(x, y)$ 、但し  $i = 1, 2, \dots, 5$ 、に対応する畳み込み演算の結果

$$g_i(x, y) = g(x, y) * h_i(x, y) \quad \dots (7)$$

【0038】式7中の“\*”は畳み込み演算を表す。なお、この画像  $g_i(x, y)$ 、但し  $i = 1, 2, \dots, 5$  は、画像強度算出手段13に提供される。

【0039】画像強度算出手段13では、予め規定した画像特徴を出力する局所領域を複数設定しておき、その局所領域における前記画像の  $g_i(x, y)$  の画像の強度

$$P(i, m, n) = \sum_{(x, y) \in C(m, n)} g_i(x, y)^2 \quad (8)$$

【0041】ここでは、局所領域  $C(m, n)$  として、図5に示すような原画像の大きさ  $512 \times 512$  画素に対して、水平・垂直方向各16画素おきに設定した  $32 \times 32$  個の点  $(m, n)$  を中心とする  $(32, 32)$  画素の矩形領域とする。従って、画像強度算出手段13では、各画像  $g_i(x, y)$  の各局所領域  $C(m, n)$  に対して上式に従った計算を行い、その結果である画像強度  $P(i, m, n)$  を特徴算出手段14に提供する。

【0042】特徴算出手段14では、提供された画像強度  $P(i, m, n)$  を用いてその局所領域  $C(m, n)$  における

$$\tau = 512 \times 2 / (R_1 + R_2)$$

【0044】帯域が  $(R_1, R_2) = (25, 40)$  のフィルタ  $h_i$  の場合には、 $512 \times 2 / (25 + 40) = 15$  フドットを隆線ピッチとする。このような隆線ピッチをその局所領域  $C(m, n)$  における画像特徴として出力する。他の局所領域  $C(m, n)$  についても同様に隆線ピッチを決定し出力する。

【0045】（実施例2）実施例2は、皮膚紋様の画像特徴抽出装置であって、実施例1の皮膚紋様の画像特徴抽出装置との最も大きな相違は、実施例1ではフィルタリングを畳み込み演算を用いたのに対して、実施例2では二次元フーリエ変換を利用したフィルタリングを行う点にある。

【0046】実施例2におけるフィルタリング手段の構成は、図6に示す構成となっている。図6のフィルタリング手段24は、入力画像を二次元フーリエ変換するフーリエ変換手段21と、フーリエ変換手段21によりフーリエ変換した結果の実および虚フーリエ成分に対してフィルタ群記憶手段25に記憶されるフィルタを用いてフーリエ成分の周波数成分をマスクするマスク手段22と、マスク手段22によってマスクされたフーリエ成分を逆フーリエ変換する逆フーリエ変換手段23とを備える。

【0047】実施例2を用いて、実施例1の画像特徴抽出装置とほぼ同様な隆線ピッチの抽出を行う場合には、まず実施例1で説明したフーリエ変換面上で設計した5

得られる画像を  $g_i(x, y)$ 、但し  $i = 1, 2, \dots, 5$ 、と表すことにする。これを式で表すと、式7となる。

【0037】

を計算する。局所領域を  $C(m, n)$  と表すと、画像  $g_i(x, y)$  の局所領域  $C(m, n)$  における局所強度  $P(i, m, n)$  を、例えば次式8で示される値として計算する。

【0040】

【数4】

ける特徴を算出し出力する。例えば、局所領域における各フィルタ  $h_i(x, y)$  に対応する画像強度  $P(i, m, n)$  を比較して、最も大きい値を与えるフィルタ  $h_i(x, y)$  を求める。この“ $i$ ”は今の場合には隆線ピッチに対応しているので、フィルタ  $h_i$  に対応している隆線ピッチを求める。例えば、理想帯域フィルタの中心周波数  $(R_1 + R_2) / 2$  から得られる値に基づき次式により計算される値を隆線ピッチとする。

【0043】

… (9)

$12 \times 512$  の大きさの5つの理想帯域通過フィルタをフィルタとしてフィルタ群記憶手段25に予め記憶しておく。フーリエ変換手段21では、画像  $g(x, y)$  に光学的フーリエ変換を施し、そのフーリエ変換の結果  $G(u, v)$  を出力する。マスク手段22では、5つのフィルタのそれぞれと、フーリエ変換  $G(u, v)$  の実成分および虚成分にフィルタの各成分同士を乗じて出力する。逆フーリエ変換手段23では、5つのフィルタ毎にマスクされたフーリエ成分を逆フーリエ変換して出力する。逆フーリエ変換手段23によって出力されたフィルタリング等の5つの画像を用いて、以降の処理は実施例1と同様に行う。

【0048】なお、フーリエ変換は、必ずしも光学的フーリエ変換を行う必要はなく、通常のデジタルフーリエ変換や画像サイズが適当な大きさであれば、高速フーリエ変換等を用いればよい。但し、その場合にはフィルタ群記憶手段25に記憶させるフィルタもそれらのフーリエ変換に適合するように変換しておく必要があることは言うまでもない。

【0049】（実施例3）実施例3は、皮膚紋様の画像特徴抽出装置であって、実施例1の皮膚紋様の画像特徴抽出装置との最も大きな相違は、特徴算出手段14における画像特徴の算出手段が異なる点である。

【0050】実施例3の特徴算出手段では、各局所領域の画像強度を与える画像特徴を変数として、各局所領域

の画像強度の総和と近接する各局所領域間における画像特徴の差の平方の総和によって規定される評価関数を、最小化するように画像特徴を算出する。このため、実施例 3 における画像特徴抽出装置の特徴算出手段 30 は、図 7 に示すように、画像強度算出手段 13 から提供される画像強度から画像特徴の初期値を算出する初期値算出手段 32 と、初期値算出手段 32 から提供される初期値として予め設定した評価関数を最小化する最小化手段 31 を備える。

【0051】初期値算出手段 32 では、実施例 1 で説明した画像強度算出手段 13 において算出される画像強度

$$E(s(m, n)) = - \sum_{(m, n)} P(s(m, n), m, n) + \alpha \sum_{(m, n)} \sum_{(m', n')} D(s(m, n), s(m', n')) \quad (10)$$

【0054】ここで、右辺の総和は、近接する局所領域  $C(m, n)$  と  $C(m', n')$  における特徴間で演算が行なわれる。例えば、局所領域  $C(m, n)$  を中心とした場合、図 8 に示すような  $5 \times 5$  の近傍の領域における特徴との間で総和演算を行う。また、 $D\{s(m, n), s$

$$D\{s(m, n), s(m', n')\} \\ = \{s(m, n) - s(m', n')\}^2$$

【0056】このように評価関数を設定し、この評価関数を最小化する画像特徴の二次元パターンを求めることによって、空間的に隣接した各画像特徴間の変動が小さくなるように平滑化された画像特徴のパターンを得ることができる。ここで、この評価関数の最小化は、 $s(m, n)$  を各フィルタに対応する値の離散的な値のみをとり得るものとし、直接探索法によって行う。つまり、最小化手段では、図 9 に示す流れ図に従って関数値の最小化を行う。

【0057】まず、初期値のパターン  $s(m, n)$  における評価関数値  $E$  を式 10 に従って計算する（ステップ 41）。次に、ある局所領域  $C(m, n)$  における  $s(m, n)$  をとり得る離散的な値の何れかに一次的に変更し、その時の評価関数値  $E$  を計算する（ステップ 42）。先に計算した  $E$  よりも評価関数値が減少しているならば（ステップ 43）、 $s(m, n)$  を評価関数値が小さくなるように、変更する（ステップ 44）。同様に、離散的な全ての  $s(m, n)$  の値について同様な更新を行い、局所領域  $C(m, n)$  における全ての  $s(m, n)$  の値について処理が終わったら（ステップ 45）、次の局所領域  $C(m, n)$  について同様に  $s(m, n)$  の値の更新処理を行う。全ての領域についてこの更新処理が終わったら（ステップ 46）、最初の局所領域に戻って同様に処理を繰り返す。局所領域  $C(m, n)$  全体の更新を予め決めた適当な回数繰り返した後、更新を終了し、最小化処理を終了する（ステップ 47）。以上の評価関数の最小化の結果得られる隆線ピッチ特徴を表す画像特徴の二次元パターン  $s(m, n)$  を出力することで、画像特徴を得ることができる。

$P(i, m, n)$  を用いて、各局所領域  $C(m, n)$  における最も大きい値を与えるフィルタ  $s_0(m, n)$  を求める。

【0052】最小化手段 31 では、初期値算出手段 32 によって算出された  $s_0(m, n)$  を初期値の画像特徴の二次元パターンとして、次式に示す評価関数を最小化するように画像特徴の二次元パターン  $s(m, n)$  を求める。

【0053】

【数 5】

$(m', n')$  は、特徴間の距離を規定するもので、 $s(m, n)$  がスカラー量であることから、例えば次の式 11 のような差の平方を用いる。

【0055】

… (11)

【0058】（実施例 4）実施例 4 の画像処理装置は、実施例 1 や実施例 2、実施例 3 の画像特徴抽出装置を用いて、画像特徴の抽出を行った後に、その特徴に対応するフィルタリング画像の画素値を出力することで、画像のフィルタリング処理を行う装置である。

【0059】実施例 4 の画像処理装置は、図 10 に示すように、図 1 に示した画像特徴抽出装置に、さらに画素値算出手段 75 を備えた構成となっている。この画素値算出手段 75 では、画像の各局所領域  $C(m, n)$  において、特徴算出手段 74 によって決定された特徴  $s(m, n)$  を与えるフィルタを調べ、そのフィルタに対応するフィルタリング画像の局所領域の画素値を局所領域  $C(m, n)$  における画素値として出力する。また、この画像処理装置の中間結果として得られる画像特徴を皮膚紋様画像の分類のための出力としても構わない。

【0060】（実施例 5）実施例 5 の皮膚紋様画像の画像処理装置は、画像処理装置を 3 段階に組み合わせることによって、画像処理を行うものである。図 11 は、実施例 5 の画像処理装置の構成図を示している。実施例 5 の画像処理装置は、基本的には実施例 4 の画像処理装置とほぼ同等の画像処理装置 80、81 の 2 段で構成されており、隆線ピッチを考慮したフィルタ群による画像処理装置 80 の出力を画像処理装置 81 の画像記憶手段 806 に記憶し、この画像記憶手段 806 に記憶された画像に対して、さらに隆線方向を考慮したフィルタ群による画像処理を施すものである。

【0061】画像処理装置 80 と画像処理装置 81 との大きな違いは、フィルタ群記憶手段 811、およびフィルタ群記憶手段 812 に記憶されるフィルタの違いが最

も大きな違いであり、第1のフィルタ群記憶手段811では皮膚紋様の隆線方向に沿った画像特徴の抽出およびフィルタリングを行うためのフィルタ群を記憶し、第2のフィルタ群記憶手段812では、皮膚紋様の隆線ピッチを考慮したフィルタ群を記憶する。以下では、第1のフィルタリング手段802および第2のフィルタリング手段807において、フーリエ変換を用いたフィルタリングを行う場合の説明をする。

【0062】512×512画素の大きさの画像が第1

$$W_r(|r|) = \frac{\frac{1}{|r|} \exp\left(-\frac{(|r|-r_0)^2}{2\sigma_r^2}\right)}{\int \frac{1}{|r|} \exp\left(-\frac{(|r|-r_0)^2}{2\sigma_r^2}\right) d|r|} \quad (12)$$

【0064】ここで、 $r_0$ は通過周波帯の中心周波数を表すパラメータで、 $\sigma_r$ は、周波数の帯域幅を特徴付けるためのパラメータである。フィルタのサイズは、画像サイズと同じ512×512の大きさで、 $(u, v)$ の範囲は、 $-256 \leq u \leq 255$ 、 $-256 \leq v \leq 255$ の値である。フーリエ変換面上での原点を中心に点対称となる特性を有するフィルタで、上式を用いて設計した $\sigma_r = 12$ 、0の場合のフィルタ群の例を図12に示す。この図12で、濃淡が明るい方が値が大きく、濃淡値が最も暗い部分が値が0の部分であり、隆線ピッチにして、それぞれ約5画素から約20画素の周期の間にその中心通過帯域がある。但し、この図12では、512×512のサイズのフィルタの中心部分を拡大して図示している。上式で示されるフィルタは、 $r_0$ を中心に周波数を通過させる帯域フィルタを構成し、皮膚紋様画像の

$$W_\theta(u, v) = \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_\theta^2} \left(\cos^{-1} \frac{|r \cdot e_\theta|}{|r|}\right)^2\right) \quad (13)$$

【0067】ここで、 $\sigma_\theta$ は、方向に対する周波数帯域を特徴付けるパラメータである。フィルタのサイズは、隆線ピッチに対応するフィルタと同様に画像サイズと同じ512×512の大きさで、 $(u, v)$ の範囲は、 $-256 \leq u \leq 255$ 、 $-256 \leq v \leq 255$ の値である。式13に基づき、 $\sigma_\theta = 0.4$ とした時に得られるフィルタの例を図13に示す。

【0068】方向性のフィルタリングを行う場合には、実施例3の式11に示したような特徴量間の距離差を用いるよりも、次のような単位ベクトルを用いて距離を定

$$\begin{aligned} D\{s(m, n), s(m', n')\} \\ = \{ \sin 2\theta(m, n) - \sin 2\theta(m', n') \}^2 \\ + \{ \cos 2\theta(m, n) - \cos 2\theta(m', n') \}^2 \quad \dots (14) \end{aligned}$$

【0070】方向 $\theta$ を2倍にするのは、位相が $\pi$ だけ異なる $\theta$ によるフィルタは本質的に同じであるので、単純に方向の単位ベクトルを用いた場合に生じるベクトル差の不連続性を無くすためである。さらに、ピッチ特徴や方向特徴を必要とする場合には、第1の特徴算出手段の出力や第3の特徴算出手段の出力を外部出力してもよ

の画像記憶手段801に記憶される。第1のフィルタリング手段802では、実施例2で説明したのと同様にフーリエ変換を利用してフィルタリングを行う。ここでは、フーリエ変換面における座標をベクトル $r=(u, v)$ で表し、フィルタとして次式12で示されるフィルタを用いる。

【0063】

【数6】

隆線ピッチ特徴と対応するフィルタとなる。このフィルタ群は、第1のフィルタ群記憶手段811に記憶される。

【0065】また、隆線方向を特徴付けるための複数のフィルタは、第2のフィルタ群記憶手段812に記憶される。この隆線方向を特徴づけるためのフィルタの数を $n=16$ としよう。このフィルタの数に従って周波数領域を方向性を持って分割するように、直流成分がフーリエ周波数空間における中心となるフーリエ変換面におけるフィルタを準備する。ここで、方向性を持たせるフィルタの中心方向を $\theta$ として、その方向の単位ベクトルを $e_\theta=(\cos \theta, \sin \theta)$ と書き表す。ここでは、次式によって表されるフィルタを用いる。

【0066】

【数7】

義する方がよい。方向性のフィルタリングを行う場合、フィルタを特徴づける特性は方向 $\theta$ である。従って、各局所領域における画像特徴 $s(m, n)$ として、各局所領域における方向 $\theta(m, n)$ を用いることとし、実施例3の式11の代わりに次式によって与えられる方向を単位ベクトルとする。この時のベクトル間のユークリッド距離を、フィルタを特徴付ける各特徴量間の差として用いる。

【0069】

【0071】このように、隆線ピッチに対応したフィルタリングを行った後に、このフィルタリングされた画像に対して更に隆線方向に対応したフィルタリングを行うことによって、ノイズに対してより頑強な画像処理を行うことができる。逆に、方向性のフィルタリングを行っ



た後、隆線ピッチに対応したフィルタリングを行っても同様な効果を得ることができる。

【0072】尚、上述の実施例は本発明の好適な実施の一例ではあるが本発明はこれに限定されるものではなく本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変形実施可能である。

【0073】

【発明の効果】以上の説明より明かなように、本発明の皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置は、皮膚紋様画像を記憶し、局所領域における画像特徴を抽出するための重み係数の二次元配列から成るフィルタを複数記憶し、記憶される皮膚紋様画像に対して複数のフィルタをそれぞれ用いてフィルタリングを行い、得られる各画像に対して予め画像上に設定した複数の局所領域における画像強度を算出する。さらに、局所領域の画像強度の情報を用いて各局所領域における画像特徴を算出する。

【0074】本発明の皮膚紋様画像の画像処理装置は、皮膚紋様画像を記憶し、局所領域における画像特徴を抽出するための重み係数の二次元配列から成るフィルタを複数記憶し、記憶される皮膚紋様画像に対して複数のフィルタをそれぞれ用いてフィルタリングを行い、得られる各画像に対して予め画像上に設定した複数の局所領域における画像強度を算出する。この算出により得られる各局所領域の画像強度の情報を用いて各局所領域における画像特徴を算出し、各画像から各局所領域毎の画像特徴に応じた画像の画素値を算出する。

【0075】本発明の皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置および画像処理装置を用いることで、隆線方向や隆線ピッチ等の画像特徴を精度良く抽出することができる。また、本発明を用いることで、皮膚紋様画像から皮膚隆線の方向やピッチ等の画像特徴を精度よく抽出することができる。さらに、精度良くノイズ除去し、隆線を強調する画像処理を行うことが可能となる。本発明では、画像の各特徴毎に画像強度の情報を持っているので、画像の平滑化をより正確に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の皮膚紋様画像の画像特徴抽出装置および画像処理装置の実施例1の構成を示すブロック図であ

る。

【図2】フィルタの構成を説明するための図である。

【図3】5段階のフィルタの構成例を示す図表である。

【図4】図3の空間領域におけるフィルタを説明するための図である。

【図5】フィルタの動作を説明するための図である。

【図6】実施例2の構成を説明するためのブロック図である。

【図7】実施例3の構成を説明するためのブロック図である。

【図8】図7の特徴算出手段の動作を説明するための図である。

【図9】図7の最小化手段の動作を説明するための図である。

【図10】実施例4の構成を説明するためのブロック図である。

【図11】実施例5の構成を説明するためのブロック図である。

【図12】図11のフィルタ群の実施例を説明するための図である。

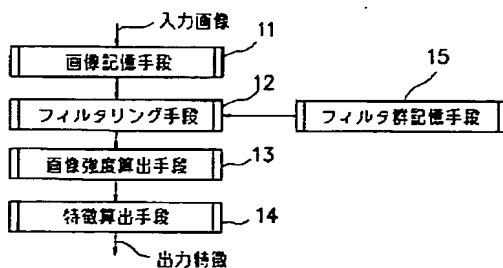
【図13】図11のフィルタ群の実施例を説明するための図である。

【図14】従来の画像特徴抽出に関する技術を説明するための図である。

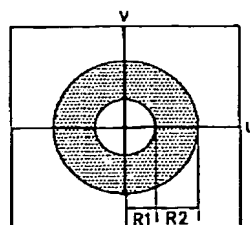
【符号の説明】

- 11 画像記憶手段
- 12 フィルタリング手段
- 13 画像強度算出手段
- 14 特徴算出手段
- 15 フィルタ群記憶手段
- 21 フーリエ変換手段
- 22 マスク手段
- 23 逆フーリエ変換手段
- 24 フィルタリング手段
- 25 フィルタ群記憶手段
- 30 特徴算出手段
- 31 最小化手段
- 32 初期値算出手段

【図1】



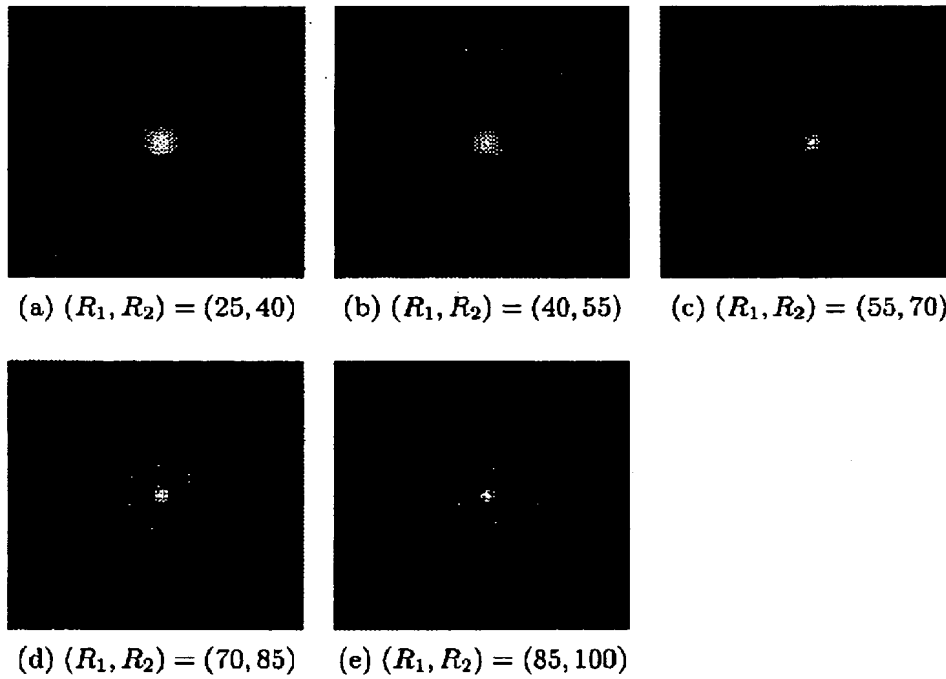
【図2】



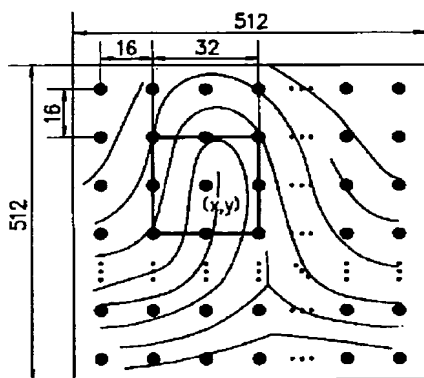
【図3】

	R1(cycle)	R2(cycle)
h1	25	40
h2	40	55
h3	55	70
h4	70	85
h5	85	100

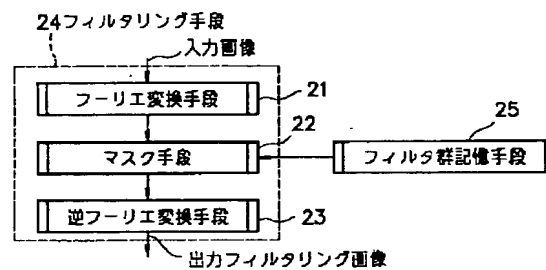
【図 4】



【図 5】



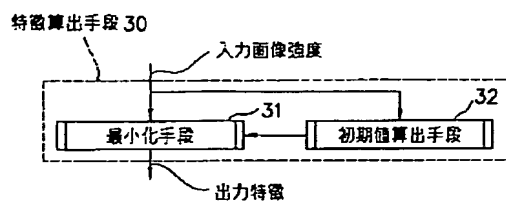
【図 6】



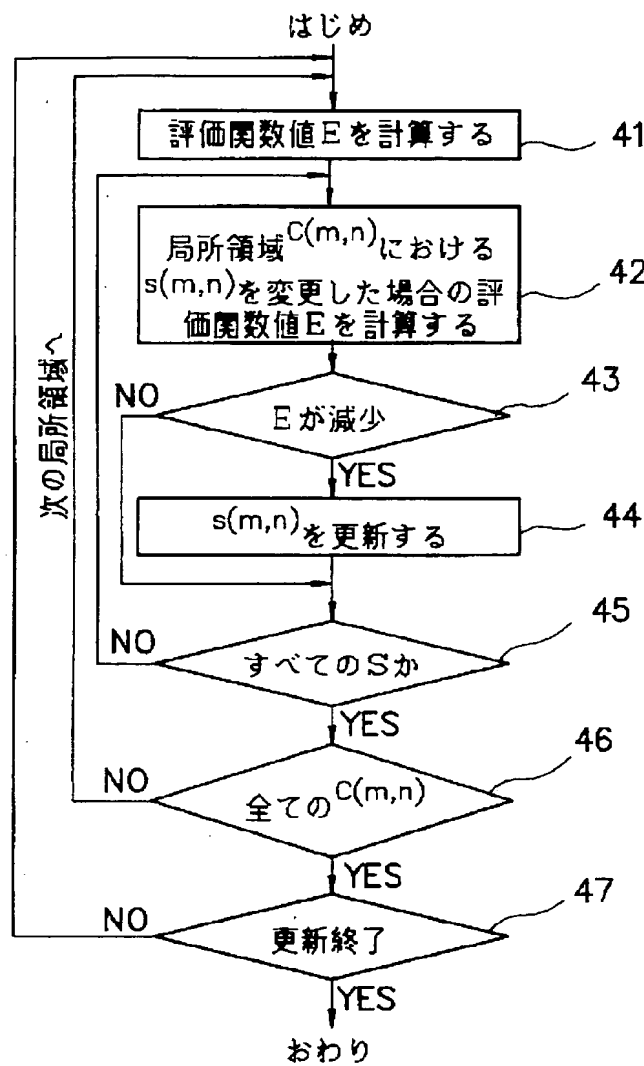
【図 8】

$(m-2, n-2)$	$(m-1, n-2)$	$(m, n-2)$	$(m+1, n-2)$	$(m+2, n-2)$
$(m-2, n-1)$	$(m-1, n-1)$	$(m, n-1)$	$(m+1, n-1)$	$(m+2, n-1)$
$(m-2, n)$	$(m-1, n)$	$(m, n)$	$(m+1, n)$	$(m+2, n)$
$(m-2, n+1)$	$(m-1, n+1)$	$(m, n+1)$	$(m+1, n+1)$	$(m+2, n+1)$
$(m-2, n+2)$	$(m-1, n+2)$	$(m, n+2)$	$(m+1, n+2)$	$(m+2, n+2)$

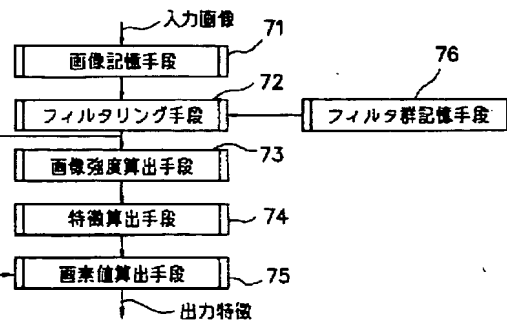
【図 7】



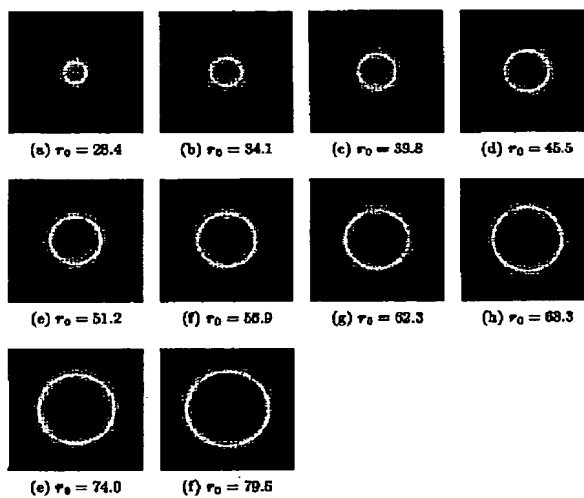
【図 9】



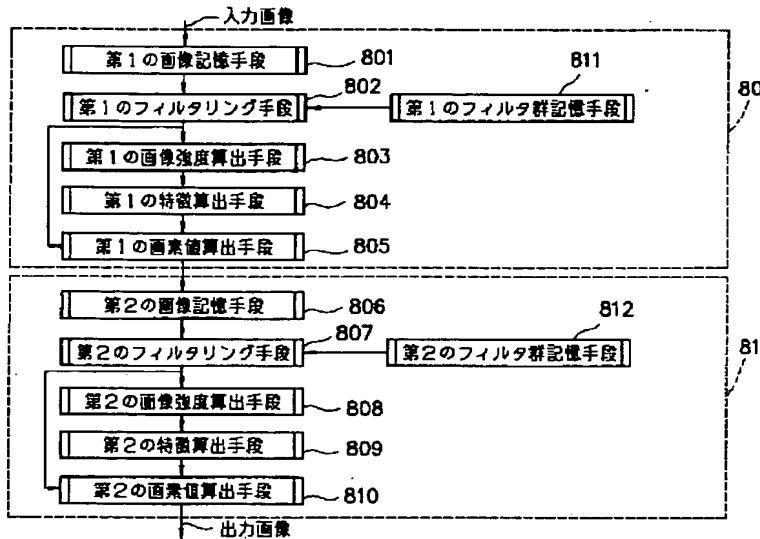
【図 10】



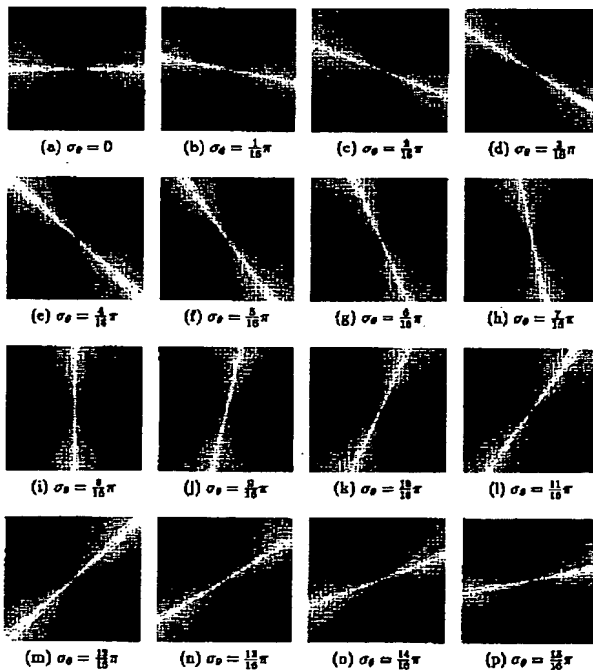
【図 12】



【図 11】



【図 13】



【図 14】

